

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KONTROLER UNTUK SISTEM SOLAR SEL

DESIGN AND IMPLEMENTATION CONTROLLER FOR SOLAR SEL SYSTEM

Muhammad Arief Hidayat¹, Angga Rusdinar², Azam Zamhuri Fuadi³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹ariefhidayat@student.telkomuniversity.ac.id, ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

³azamzamhurifuadi@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sumber energi alternatif terbarukan diperoleh melalui cahaya matahari dan saat ini perkembangan dan keberadaan sumber energi terbarukan sudah banyak tersebar di alam. Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya digunakan solar sel tipe Sel GH 50P-18 dengan spesifikasi daya 50 watt, dengan tegangan 17.3 volt dan arus 2.8 ampere.

Sistem pembangkit listrik tenaga surya terdiri dari beberapa komponen antara lain: solar sel, kontroler, *buck regulator*, sistem penyimpanan energi (baterai). Energi keluaran solar panel Sel GH 50P-18 berupa tegangan listrik *Direct Current (DC)* dan digunakan baterai sebagai sistem penyimpanan energi listrik. Baterai bekerja pada tegangan listrik *Direct Current (DC)*. Kontroler digunakan digunakan untuk mengatur proses penyimpanan energi hasil konversi kedalam baterai. Proses penyimpanan tersebut meliputi: pemantauan besar energi listrik keluaran solar sel, pemantauan besar arus dan tegangan keluaran kontroler, penyesuaian besar arus dan tegangan pengisian baterai, serta upaya sistem pengaman *overvoltage*. Perangkat kontroler yang dirancang terdiri dari beberapa subsistem untuk proses pengisian baterai dengan tegangan dan arus sekitar 13 V dan 2,5 A dengan efisiensi mencapai 82.91%.

Kata kunci : *buck regulator*, solar panel

Abstract

Alternative renewable energy sources are obtained through sunlight and currently the development and existence of renewable energy sources are widely spread in nature. In solar power generation systems used Sel GH 50P-18 type solar cells with 50 watt power specifications, with a voltage of 17.8 volts and a current of 2.8 amperes.

The solar power generation system consists of several components including: solar cells, controllers, buck regulators, energy storage systems (batteries). The Sel GH 50P-18 solar cell energy output is in the form of a Direct Current (DC) mains voltage and the battery is used as an electrical energy storage system. The battery works on the Direct Current (DC) mains voltage. The controller used is used to regulate the process of storing the converted energy into the battery. The storage process includes: monitoring the electrical energy of solar cell output, monitoring the current and voltage of the controller output, adjusting the battery current and voltage, as well as overvoltage safety system efforts. The controller device which is designed consists of several subsystems for the process of charging a battery with a voltage and current of around 13 V and 2.5 A with efficiency up to 82.91%.

Keywords : *buck regulator*, solar panels

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan hidup manusia yang sangat penting untuk saat ini. Energi dari alam yang dapat di dimanfaatkan menjadi listrik disebut dengan proses dari energi terbarukan. Sumber energi alternatif terbarukan diperoleh melalui cahaya matahari dan saat ini perkembangan dan keberadaan sumber energi terbarukan sudah banyak tersebar di alam. Energi matahari diserap dan diubah menjadi energi listrik menggunakan sebuah alat yaitu solar panel[1].

Solar sel merupakan sektor teknologi dan penelitian yang berhubungan dengan energi terbarukan yaitu dengan cara mengkonversikan sinar matahari menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan solar panel bergantung kepada intensitas cahaya matahari, jika matahari terang maka energi listrik yang dihasilkan besar untuk mengendalikan energi listrik yang dihasilkan solar panel maka dibutuhkan solar kontroler. Solar

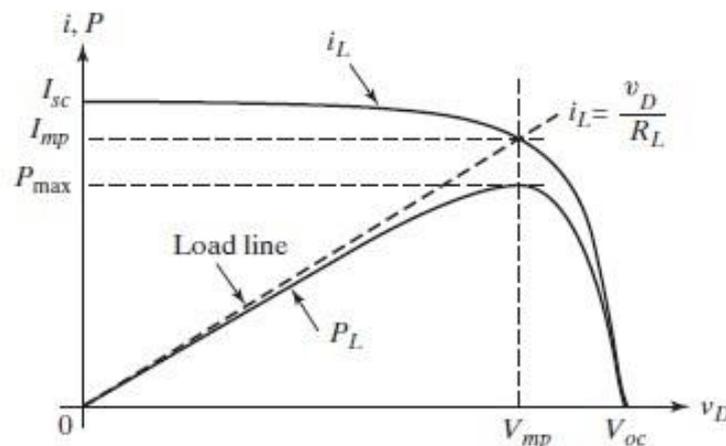
kontroler adalah sebuah alat untuk mengendalikan tegangan keluaran yang dihasilkan solar panel dengan tujuan menyesuaikan tegangan baterai atau beban dengan menggunakan *buck regulator*[2].

Penggunaan solar kontroler diperlukan untuk melindungi *cycle* baterai dan meningkatkan efisiensi keluaran panel surya. Agar panel surya dapat mengeluarkan daya maksimum maka solar kontroler menggunakan metode MPPT. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) sebagai suatu metode untuk mencari titik maksimum dari kurva karakteristik tegangan dan arus input (V-I) pada aplikasi panel surya. Dalam tugas akhir ini, solar kontroler digunakan pada sistem *plastic fisher* sebagai catu daya utama untuk memonitoring sampah. Oleh karena itu untuk mencegah pencurian panel surya diperlukan sistem pengamanan.

2. Dasar Teori

2.1 Solar Panel

Solar panel adalah blok bangunan dari semua sistem *photovoltaic* karena mereka adalah perangkat itu mengubah sinar matahari menjadi listrik. Solar sel datang dalam berbagai ukuran dan bentuk, dari yang lebih kecil dari perangkong hingga beberapa inci. Mereka sering terhubung bersama membentuk modul *photovoltaic* yang panjangnya bisa mencapai beberapa kaki dan lebar beberapa kaki. Modul dalam gilirannya dapat digabungkan dan dihubungkan untuk membentuk array solar sel dengan berbagai ukuran dan daya keluaran. Modul-modul dari array membentuk bagian utama dari sistem solar sel. Ketika cahaya bersinar pada solar sel itu mungkin dipantulkan atau diserap[3]. Tetapi hanya cahaya yang diserap yang menghasilkan listrik, energi yang diserap cahaya ditransfer ke elektron dalam atom bahan semikonduktor solar sel. Sebuah properti listrik khusus dari solar sel yang disebut medan built in listrik memberikan gaya atau tegangan diperlukan untuk menggerakkan arus melalui beban eksternal, seperti bola lampu. Ada dua jenis sel PV lensa datar dan cembung. Pelat datar *photovoltaic* persegi panjang dan datar, ini adalah jenis *array photovoltaic* yang paling umum digunakan dalam komersial aplikasi. Sel plat datar sering dipasang pada sudut tetap yang memaksimalkan paparan sinar matahari sepanjang tahun. Dalam sistem yang lebih fleksibel, sudut perubahan panel surya untuk melacak paparan sinar matahari yang optimal di siang hari. Lensa cembung memusatkan solar sel membutuhkan lebih sedikit bahan untuk keluaran daya yang sama dari pelat datar sel, jadi ukurannya lebih kecil. Namun, sel konsentrat bekerja paling baik.



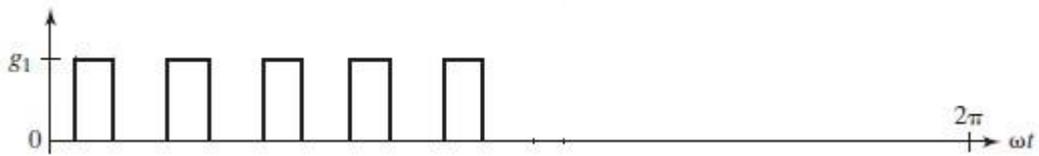
Gambar 1. Karakteristik Tegangan – Arus dan Daya - Arus[3].

2.2 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengoptimalkan daya keluaran sebagai pembangkitan listrik dengan sistem elektronis yang mengoperasikan modul *photovoltaic* (PV) atau modul sel surya. MPPT bukan merupakan sistem tracking mekanis yang secara fisik menggerakkan modul agar mengarah langsung ke matahari. MPPT merupakan sistem elektronis yang secara keseluruhan mengubah titik operasi elektronis modul sel surya sehingga dapat mengirim daya maksimal yang tersedia. Dari daya tambahan yang terkumpul yang berasal dari modul sel surya, sehingga arus pengisian baterai dapat ditingkatkan. MPPT dapat juga dihubungkan dengan sistem tracking mekanis, tetapi kedua sistem ini benar-benar sangat berbeda[3].

2.3 Pulse Width Modulation

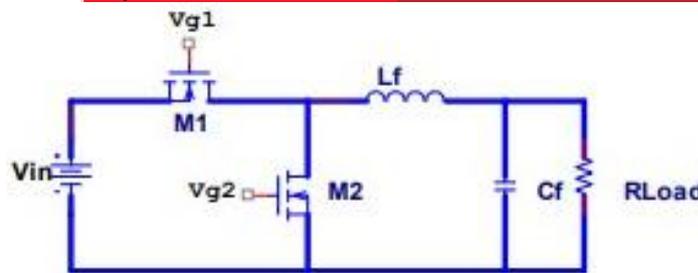
Pulse width modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulse dalam suatu perioda untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. PWM didapatkan dari pulse yang dihasilkan oleh mikrokontroler dimana lebar pulse-nya diatur sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada dasarnya sinyal PWM memiliki amplitudo dan frekuensi daya yang tetap. Lebar pulse PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Oleh karena itu, sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%)[6].



Gambar 2. Sinyal *Pulse Width Modulation*[6].

2.4 Synchronous Buck Regulator

Synchronous buck regulator adalah rangkaian DC DC Converter tipe switching yang menghasilkan nilai tegangan keluaran lebih rendah dari pada nilai tegangan masukan. Rangkaian synchronous buck regulator terdiri dari induktor, kapasitor, dan saklar berupa MOSFET. Pada desain rangkaian synchronous buck regulator hanya menggantikan dioda dengan MOSFET kedua, hal ini menghilangkan kerugian yang ditanggung oleh tegangan drop maju yang melintasi dioda yang bisa mencapai 0,3 volt – 1 volt, sehingga membuat sirkuit yang lebih efisien. Hal ini sedikit lebih kompleks untuk diimplementasikan, dimana MOSFET kedua sebagai switching harus berhati-hati dalam penyesuaian waktu switching kedua dengan switching MOSFET pertama. Hal ini penting untuk memastikan bahwa keduanya tidak pernah berada pada saat yang sama, atau saat akan memiliki jalur langsung ke ground. Bila hal itu terjadi, maka akan menyebabkan short circuit[7].

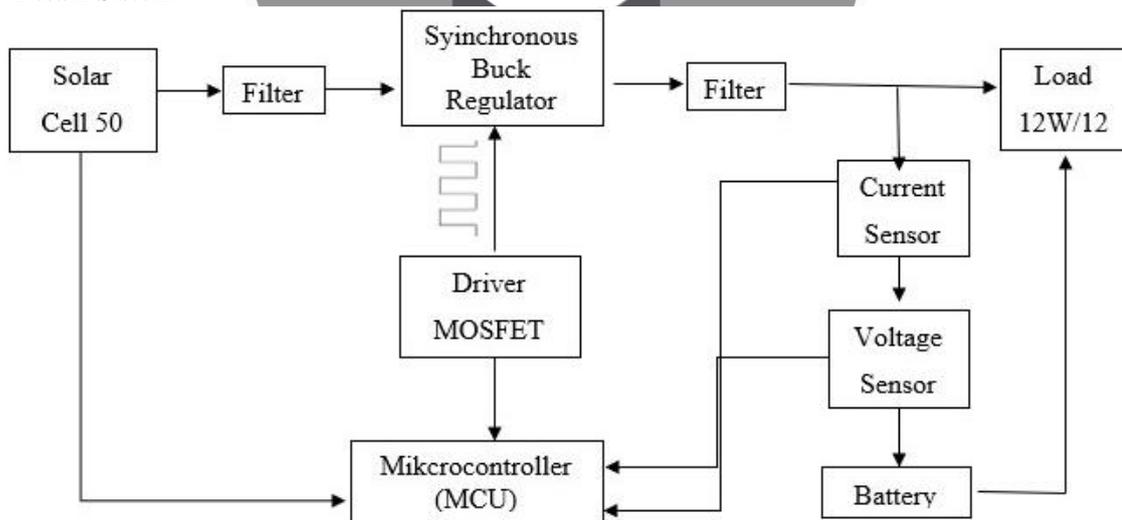


Gambar 3. Rangkaian *Synchronous Buck Converter*

Operasi buck regulator tergantung pada pengisian induktor melalui saklar dan pemakaian induktor melalui dioda. Sementara induktor dipulangkan melalui dioda, dioda melakukan selama periode waktu tertentu. Dioda akan mengalami kerugian konduksi yang tinggi dan kerugian ini membuat efisiensi rendah. Jadi karena konduksi dioda, efisiensi konverter buck rendah. Masalah ini dapat dihilangkan jika kita dapat mengganti dioda ini dengan saklar yang memiliki lebih sedikit kerugian konduksi. Penggantian dioda dengan saklar ini membuat synchronous buck regulator.

3. Perancangan Sistem

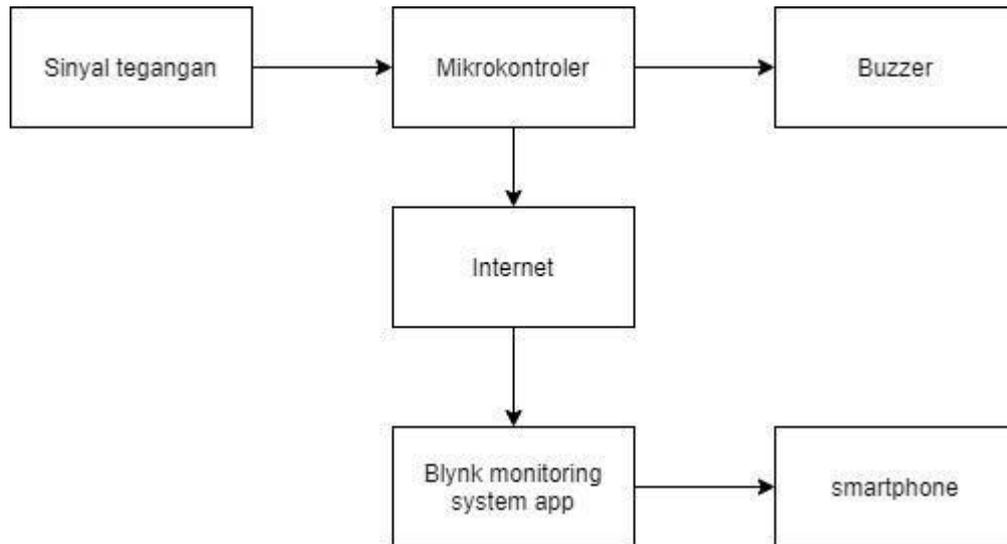
3.1 Desain Sistem



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Kontroler

Berdasarkan diagram blok Sistem kontroler solar sel terdapat rangkaian *synchronous buck regulator* yang terdapat pada sistem *solar charger controller* mengukur tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh solar sel. Hasil pengukuran arus dan tegangan akan diproses oleh algoritma *solar charger controller*. Algoritma *solar charger*

controller tersebut akan memberi sinyal PWM yang harus dihasilkan pada frekuensi 25.8 kHz untuk proses switching driver MOSFET yang ada di dalam rangkaian *synchronous buck regulator*. Tegangan DC keluaran dari *synchronous buck regulator* digunakan untuk mengisi daya baterai dan menyuplai beban sebesar 12 Watt.

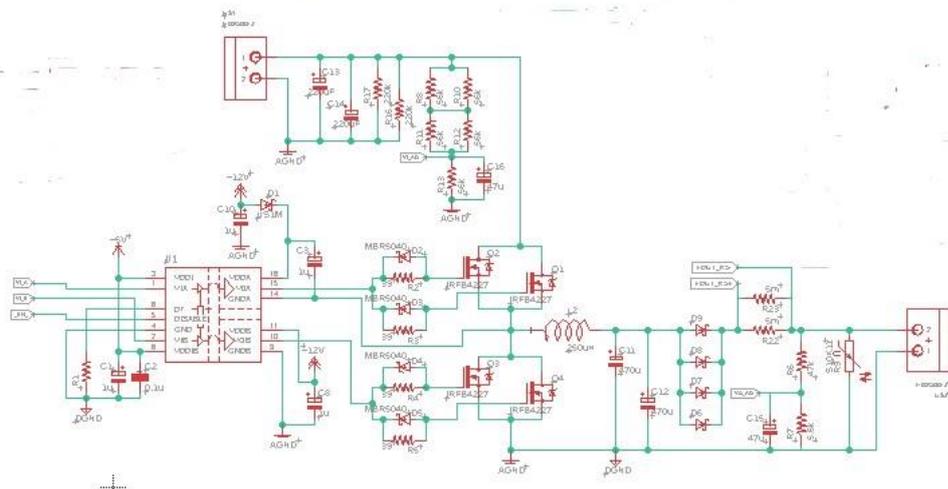


Gambar 5. Diagram Blok Sistem Pengaman Solar Sel

Pada sistem pengaman pembangkit listrik tenaga surya digunakan sebagai pengamanan solar sel supaya tidak terjadinya hal pencurian pembangkit listrik tenaga surya. Pada sistem diagram blok pada gambar 5 mikrokontroler menerima sinyal tegangan yang akan diolahnya, jika sinyal tegangan ada maka buzzer tidak menyala dan tidak ada notifikasi di aplikasi blynk, jika sinyal tegangan tidak ada maka mikro kontroler mengirim sinyal untuk menyalakan buzzer dan mengirim notifikasi pada aplikasi blynk.

3.2 Synchronous Buck Regulator

Pada *synchronous buck converter* terdapat penambahan komponen *power mosfet* untuk menggantikan *commutating diode output-stage* dari *buck converter* tradisional. Berikut ini merupakan desain skematik dari *synchronous buck regulator* yang telah dirancang:



Gambar 6 Skematik perancangan buck regulator.

Nilai parameter komponen untuk merancang *synchronous buck regulator* sebagai berikut :

$$Duty\ cycle\ (D) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 0,9 \frac{16,2}{18}$$

$$Inductor\ (L) = \frac{V_{out} (V_{in} - V_{out})}{F_{sw} \times \Delta I \times V_{in}}$$

Dimana : D

$$= 0.9$$

$$F_{sw} = 25.8 \text{ kHz}$$

$$\Delta I = \text{ripple } 20\% \times 10 \text{ A} = 0.2 \text{ A}$$

$$\Delta V \text{ (ripple voltage)} = 20 \text{ mV}$$

$$L = \frac{16.2(18 - 16.2)}{25.8 \text{ kHz} \times 0.2 \times 18} = 220 \mu\text{H}$$

Dengan nilai $V_{out} = 16.2$, $V_{in} = 18$, $f = 25.8 \text{ kHz}$, $\Delta I = 0.2 \text{ A}$, maka diperoleh nilai induktansi sebesar $220 \mu\text{H}$

$$C_{out} = 16^{1-D} \times L^D \times f_2$$

$$C_{out} = 16^{1-0.9} \times 220^2 \times 25800 = 4.267 \mu\text{F}$$

Sehingga diperoleh nilai dari kapasitor *output* sebesar $4.267 \mu\text{F}$, tetapi pada perancangan synchronous buck regulator ini digunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi sebesar $470 \mu\text{F}$.

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai perancangan awal untuk *synchronous buck regulator* pada perangkat *solar charger controller*. Nilai induktor sebesar $220 \mu\text{H}$ dengan arus maksimum 10 A dan kapasitor *output* sebesar $470 \mu\text{F}$ dengan tegangan maksimum 200 Volt .

Selain komponen induktor dan kapasitor, beberapa komponen penyusun dari *buck regulator* sebagai berikut:

- MOSFET IRFB4227
- Driver MOSFET SI8233
- Sensor arus ACS712
- Dioda Schottky 6A

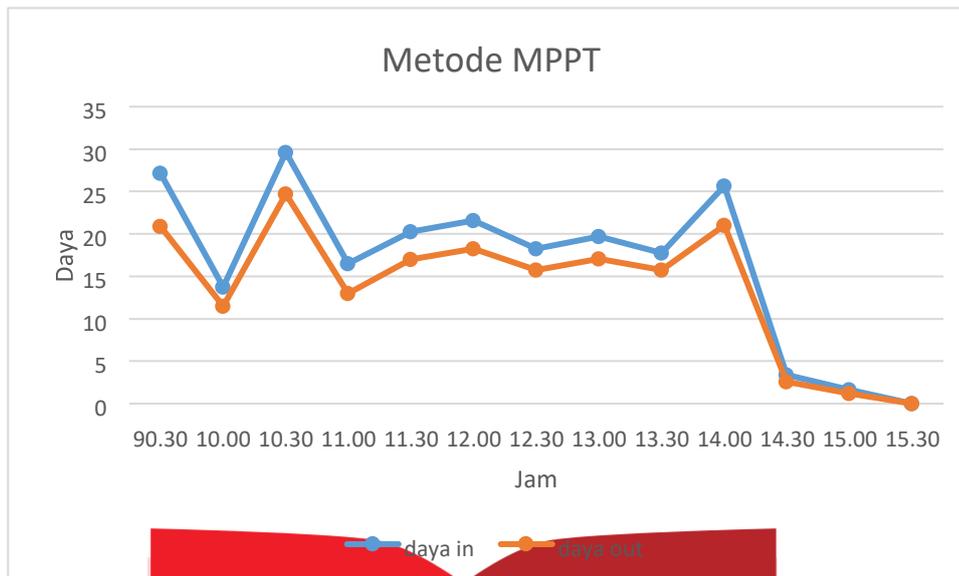
4. Pengujian dan Analisis

4.1 Perbandingan MPPT dengan modul SCC

Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu tanpa *solar charger controller* dengan metode MPPT dan *solar charger controller* menggunakan modul SCC. Hasil Pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan metode MPPT

Hasil pengukuran MPPT didapatkan daya tertinggi dari *output buck converter* adalah 24.71 Watt . Untuk mengetahui efisiensi dari metode ini dihitung nilai rata-rata P_{in} dan P_{out} . Didapatkan nilai rata-rata P_{in} sebesar 13.73 Watt dan rata-rata P_{out} sebesar 6.67 Watt . Berikut adalah data hasil pengujian beban menggunakan metode MPPT



Gambar 7 : Grafik pengujian MPPT

Dari data pengujian pada gambar IV-2, setelah mendapatkan nilai rata-rata dayanya maka dapat diketahui nilai persentase efisiensi menggunakan algoritma MPPT. Rumusnya adalah sebagai berikut:

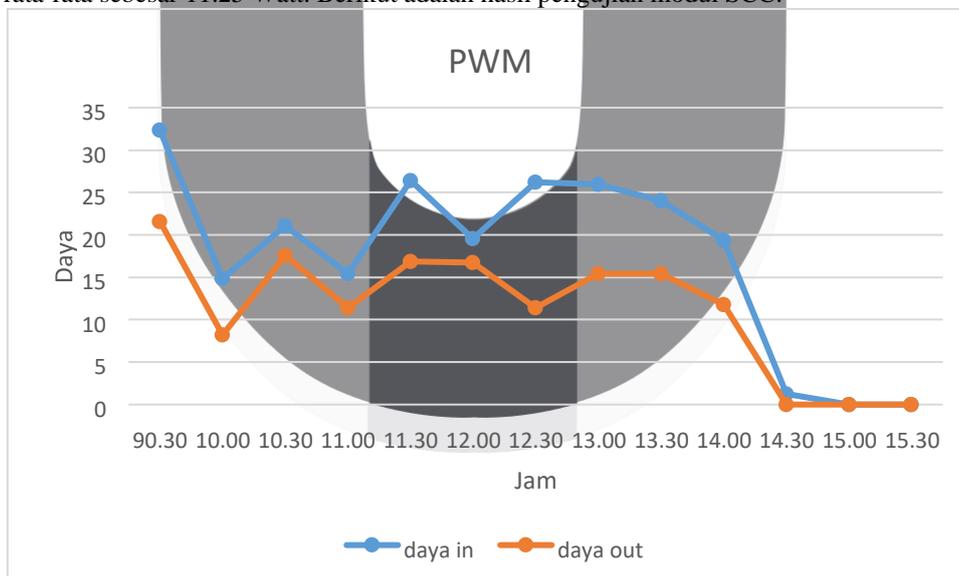
$$\eta = \frac{P_{out \text{ rata-rata}}}{P_{in \text{ rata-rata}}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{13.73 \text{ W}}{16.56 \text{ W}} \times 100 \% = 82.91 \%$$

Dari hasil pengujian menggunakan metode MPPT didapatkan efisiensinya sebesar 82.91%.

2. Menggunakan modul SCC

Hasil pengukuran modul SCC didapatkan daya tertinggi output SCC adalah 21.59 Watt. Untuk mengetahui efisiensi dari metode ini dihitung nilai rata-rata *Pin* dan *Pout*. Didapatkan nilai rata-rata *Pin* sebesar 15.90 Watt dan *Pout* rata-rata sebesar 11.25 Watt. Berikut adalah hasil pengujian modul SCC:



Gambar 8 : Grafik Pengujian Modul SCC

Dari data pengujian pada Gambar IV-3, setelah diketahui nilai rata-rata daya *input* dan *output*. Maka dapat dihitung persentase efisiensi dari algoritma non-MPPT sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out \text{ rata-rata}}}{P_{in \text{ rata-rata}}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{11.25 \text{ W}}{15.90 \text{ W}} \times 100 \% = 70.75 \%$$

Dari hasil pengujian menggunakan metode MPPT didapatkan efisiensinya sebesar 70.75%.

Pada hasil pengujian diatas, didapatkan efisiensi menggunakan metode MPPT sebesar 82.91% dan PWM sebesar 70.75%. Efisiensi menggunakan MPPT lebih besar karena perhitungan daya pada metode MPPT adalah mencari nilai tertinggi yang dihasilkan panel surya. Berbeda dengan modul SCC hanya mengandalkan nilai PWM, sehingga *output* tegangan SCC lebih stabil sebanding dengan tegangan *input* panel surya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis kontroler untuk sistem pengisian baterai dari panel surya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Efisiensi dari panel surya pada sistem *solar charger controller* dengan metode MPPT mencapai yaitu 82.91% sedangkan efisiensi tanpa menggunakan metode MPPT yaitu 70.75%, pada *datasheet* solar panel efisiensi sebesar 14.67%. efisiensi yang dikeluarkan panel surya tergolong rendah jika dibandingkan dengan menggunakan *solar charger controller*.
2. Metode yang digunakan pada sistem ini adalah metode MPPT dengan algoritma MPPT. Nilai efisiensi jika menggunakan metode MPPT adalah 82.91% dan nilai efisiensi sistem jika tidak menggunakan metode MPPT adalah 70.75%. Penggunaan metode MPPT termasuk baik untuk implementasi ke sistem *solar charger controller* pada panel surya.
3. Panel surya ditambah fitur pengaman supaya meminimalisir terjadinya pencurian pada panel surya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, saran yang tepat untuk selanjutnya sebagai berikut.

1. Dibutuhkan panel surya yang lebih besar untuk mendapatkan nilai arus yang lebih besar supaya kapasitas baterai terisi penuh 100%.
2. Pemilihan komponen harus diperhatikan terutama pada sensor pembagi tegangan dan komponen synchronous buck regulator. Pembacaan sensor pembagi tegangan berpengaruh untuk parameter charging baterai sedangkan untuk synchronous buck regulator berpengaruh pada proses kecepatan switching yang berguna pada output untuk pengisian baterai.

3. REFERENSI

- [1] A. Haque, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Scheme for Solar Photovoltaic System," *Energy Technol. Policy*, vol. 1, no. 1, pp. 115–122, 2014.
- [2] H. S. Muchammad, "Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp Dengan Penambahan Reflektor," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. ke-2*, p. A.45-A.50, 2011.
- [3] N. Muhammad H. Rashid Kumar and A. R. (Ashish R. Kulkarni, *Power electronics : devices, circuits and applications*. Endiburg Gate, Horlow, 2014.
- [4] M. R. Robiansyah, "Perancangan Kontroler Untuk Turbin Angin Skala Kecil," *Semin. Nas. Teknoka*, vol. 2, no. 2502, pp. 6–15, 2017.
- [5] N. Sabbaha, E. Susanto, E. Kurniawan, F. T. Elektro, U. Telkom, and T. Angin, "Perancangan Dan Implementasi Konverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya Dan Angin Untuk Suplai Listrik Arus Bolak-Balik," vol. 4, no. 2. p. 9, 2016.
- [6] J. Sreedhar and B. Basavaraja, "Plan and analysis of synchronous buck converter for UPS application," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 1.1, p. 679, 2017.
- [7] G. Suman, B. V. S. P. Kumar, M. S. Kumar, B. C. Babu, and K. R. Subhashini, "Modeling, analysis and design of synchronous buck converter using state space averaging technique for PV energy system," *Proc. - 2012 Int. Symp. Electron. Syst. Des. ISED 2012*, pp. 281–285, 2012.
- [8] Analog Devices, "Powering the Isolated Side of Your Half-Bridge Configuration," *Tech. Artic.*, pp. 1–4, 2014.
- [9] V. Ds and T. J, "IRFB4227PbF," *Data Sheet*, pp. 1–8, 2007.
- [10] A. Genza and P. Riyanto, "Andon System using Industrial IoT for C ontrolled Production Line by conventional PLC," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 9, no. 09, pp. 95–99, 2020.
- [11] R. M.H., *Power Electronics*, vol. 4. 2014.
- [12] Silicon Laboratories, "Si823x Data Sheet," vol. Rev. 2.1, pp. 0–57, 2016.

- [13] Silabs, "AN486: Hght-side bootstrap design using ISODrivers in Power delivery systems," vol. 28, no. 10, pp. 2143 –2147, 1997.

